

ACONDICIONAMIENTO DEL MOTOR PARA CONVERSIÓN A GAS NATURAL
VEHICULAR

CARLOS ANDRES CARDONA ISAZA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2010

ACONDICIONAMIENTO DEL MOTOR PARA CONVERSIÓN A GAS NATURAL
VEHICULAR

CARLOS ANDRES CARDONA ISAZA

Proyecto de grado

Asesor

Adalberto Gabriel Díaz

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2010

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

0. INTRODUCCIÓN.....	7
1. OBJETIVOS.....	9
1.1. GENERAL.....	9
1.2. ESPECÍFICOS.....	9
2. ESTADO DEL ARTE.....	10
2.1. CONCEPTOS SOBRE MOTORES Y COMBUSTIBLES.....	10
2.2. POTENCIAMIENTO Y DESEMPEÑO DE MOTORES.....	15
2.2.1. Modificaciones sencillas.....	15
2.2.2. Modificaciones de taller.....	19
2.3. PASOS DE PRECONVERSIÓN A FIN DE QUE EL CONSUMIDOR CONOZCA.....	26
2.3.1 Estado y carga de batería, motor de Arranque.....	26
2.3.2 Control y estabilidad del sistema de carga.....	27
2.3.3 Estado mecánico del motor.....	27
2.3.4 Fugas en el múltiple y ductos de admisión.....	27
2.3.5 Estado y funcionamiento sistema encendido.....	28
2.3.6 Estado Sistema de control en marcha mínima.....	29
2.3.7 Estado Sistema de refrigeración.....	29
2.3.8 Análisis de gases.....	30
2.4. ILUSTRAR OPCIONES DE POTENCIACIÓN DEL MOTOR, ACORDE A LAS NECESIDADES, DESEOS, REQUERIMIENTOS Y PRESUPUESTO.....	31
2.4.1 Modificación Básica.....	31
2.4.2 Modificación intermedia.....	33
2.4.3 Modificación Avanzada.....	35

2.5. CONCLUIR LOS PRINCIPALES RESULTADOS DE LOS PUNTOS ANTES MENCIONADOS, VALIDANDO SU EFICIENCIA EN UN VEHÍCULO POR MEDIO DE UN DINAMÓMETRO.....	37
3. CONCLUSIONES.....	49
4. BIBLIOGRAFÍA.....	50

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Ilustración 1. Los cuatro tiempos del motor.	11
Ilustración 2. Partes principales del motor (Mitsubishi 4G63).	13
Ilustración 3. Kit de Admisión directa (motor 4g63).....	16
Ilustración 4. filtro de aire de alto rendimiento.....	16
Ilustración 5. Bujías de Iridio alto rendimiento	17
Ilustración 6. Cables para bujías de 10.2mm de alta resistencia térmica.	17
Ilustración 7. Headers.	19
Ilustración 8. Culata.	20
Ilustración 9. Árbol de levas.	22
Ilustración 10. Poleas de Distribución.	22
Ilustración 11. Resortes de válvulas.	23
Ilustración 12. Reten de válvula.	23
Ilustración 13. Émbolos.....	24
Ilustración 14. Biela.....	25
Ilustración 15. Kit completo de instalación y turbo compresor.	25
Ilustración 16. Batería y voltímetro.....	26
Ilustración 17. Prueba de compresión.....	27
Ilustración 18. Kit para verificar fugas.	28
Ilustración 19. Verificación de cables de alta en el motor.	28
Ilustración 20. Verificación de marcha mínima	29
Ilustración 21. Sistema de refrigeración.....	30
Ilustración 22 Analizador de gases.	30
Ilustración 23. Vehículo a trabajar.....	38
Ilustración 24. Dinamómetro antes del proceso.....	39
Ilustración 25. Partes lavadas, Culata y Válvulas.	41
Ilustración 26. Resortes y retenedores de válvulas.....	41

Ilustración 27. Antes del porting.....	42
Ilustración 28. Ducto de admisión antes.	42
Ilustración 29. Ducto de admisión después.	43
Ilustración 30. Después del porting.....	43
Ilustración 31. Cámara de combustión y superficie de culata antes.	44
Ilustración 32. Cámara de combustión y superficie de culata cepillada después. .	44
Ilustración 33. Superficie de los ductos pulida.	45
Ilustración 34. Superficie de la cámara pulida.....	45
Ilustración 35. Válvulas asentadas con gorros nuevos.	46
Ilustración 36. Prueba de potencia luego del proceso.	47

0. INTRODUCCIÓN

Los combustibles alternativos son la búsqueda continua que existe en estos momentos; combustibles renovables que contaminen menos y sean más baratos. Los vehículos con combustibles alternativos son equipos que utilizan combustibles distintos a los que provienen del petróleo. Existen hace más de cien años, pero últimamente cautivan la atención de gobiernos, productores de automóviles y consumidores. Entre los combustibles alternativos se destacan el gas natural, la electricidad y el hidrógeno (CETER@, 2007).

El trabajo pretende que las personas en general, pero especialmente las que poseen un vehículo, conozcan la importancia de tener su carro en óptimas condiciones antes de realizar una conversión a gas natural vehicular.

El gas natural vehicular es una gran alternativa para las personas que están cansadas de pagar un combustible como la gasolina, que cada día su precio va en aumento y que gracias a unas pocas modificaciones en el vehículo, se puede adaptar el sistema de entrada de combustible a gas (UPME@, 2002).

Los talleres de conversión a gas natural vehicular, les falta informar más a fondo a las personas lo que implica el realizar este tipo de trabajos en un vehículo que no se diseña para ello, de allí surge el descontento en los clientes cuando al tiempo de realizarse el trabajo el vehículo empieza a fallar por el mayor grado de temperatura, un mayor desgaste de las piezas, vibraciones y demás problemas que van surgiendo y afectan directamente el bolsillo porque se tienen que cambiar las piezas antes de tiempo.

Los vehículos que funcionan con gas, que es un combustible más ecológico, empiezan a sufrir una serie de cambios para los cuales no se diseñó, como lo son el incremento de temperatura y por ende mayor desgaste. También la pérdida de potencia en aproximadamente un 15% puesto que el motor no ha sido diseñado para trabajar con este combustible inicialmente (Valencia@, 2000).

El motor ofrece la posibilidad de modificarse interior y exteriormente, desde las básicas, hasta las más avanzadas, cada una varía de acuerdo al presupuesto de cada persona, para que ésta pueda elegir qué hacer con mayor claridad al momento de realizar la conversión, se quiere informar las distintas alternativas posibles. Al tener esto en cuenta, podemos ver que el aumento de potencia en un motor de explosión solamente se puede llevar a cabo por alguna de las siguientes posibilidades (Gilleri, 2005):

- Por el aumento de la cilindrada.
- Por el aumento de la presión media efectiva.
- Por el aumento del régimen de giro.
- El aumento en la eficiencia volumétrica

La importancia de este trabajo radica en, luego de describir de modo teórico algunos conceptos e ideas plasmadas para mejorar los motores y entender su funcionamiento; mostrar de modo práctico, que las sugerencias dadas en el desarrollo del mismo, son aplicables a cualquier motor. De allí el deseo de exponer un proceso de desarrollo propio en el cual se emplean varias de las modificaciones que aquí se van a describir.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Informar al consumidor las opciones de potenciación del motor y características de la conversión y sus equipos, previos a la conversión a gas natural vehicular.

1.2 ESPECIFICOS

- Relatar conceptos sobre motores, combustibles, potenciamiento y desempeño del motor, de tal manera que permita el acondicionamiento previo antes de una conversión a gas natural vehicular.
- Describir los pasos de pre conversión, con el fin de que el consumidor final conozca.
- Ilustrar opciones de potenciación del motor, acorde a las necesidades, deseos, requerimientos y presupuesto.
- Concluir los principales resultados de los objetivos antes mencionados, validando su eficiencia en un vehículo por medio de un dinamómetro.

2. ESTADO DEL ARTE

El motor de combustión interna es básicamente una máquina que mezcla oxígeno con combustible gasificado. Una vez mezclados íntimamente y confinados en un espacio denominado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse (combustión).

Debido a su diseño, el motor, utiliza el calor generado por la combustión, como energía para producir el movimiento giratorio que posee (TM@, 2004).

2.1. CONCEPTOS SOBRE MOTORES Y COMBUSTIBLES.

Los combustibles son la energía que se transforma para poder dar movimiento al vehículo. Por ello, que se desee hablar un poco acerca de las diferencias que existen entre el combustible líquido (gasolina) y el combustible gaseoso.

Existen algunas características fundamentales a tener en cuenta al momento de hacer un cambio de combustible en el motor para su funcionamiento y son las siguientes:

Tabla 1. Características del gas y la gasolina.

CARACTERISTICAS	GASOLINA	GNV
Simbolo Químico	C ₄ H ₁₀ – C ₁₂ H ₂₆	CH ₄
Temperatura de Encendido	400°C	700°C
Octanaje	86 - 93	120
Relación Aire/Combustible (masa)	14.7 : 1	17 : 1
Velocidad de llama	0.83 mps	0.67 mps
Contenido de energía (Btu/Lb)	20.000	21.500
Relación de Compresión	9.5 : 1	12 : 1
Unidad de Medición	Litro	M3

(Bernal, 2007).

Esta es una comparación entre gasolina y metano, pero las características pueden variar dependiendo del tipo de gas, aunque en general su comportamiento es muy

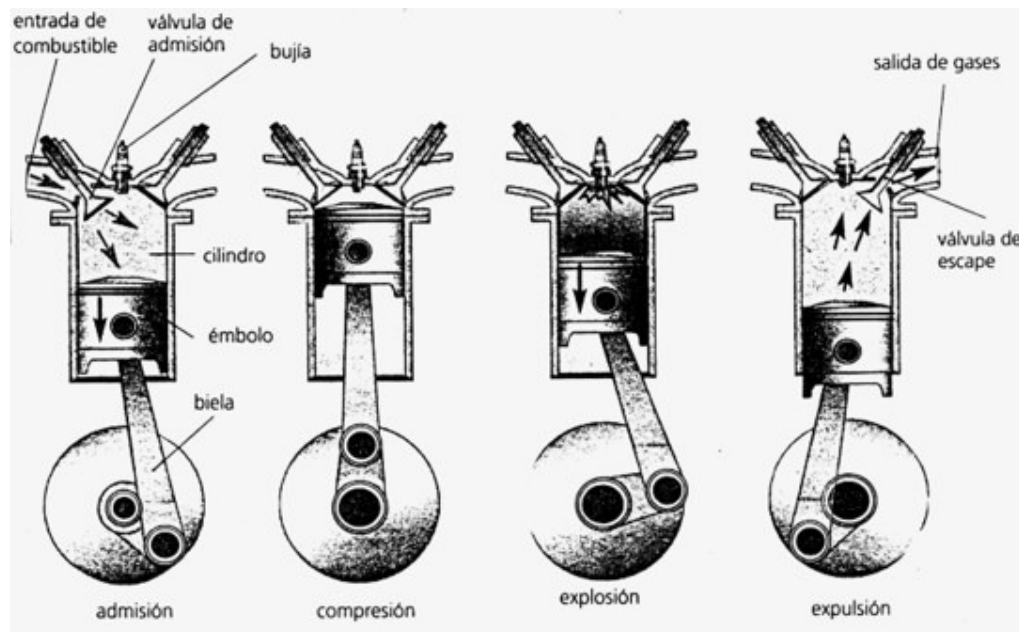
similar. Con estos datos se es capaz de dosificar la cantidad necesaria de combustible para que el vehículo pueda estar en movimiento. Gracias a ellos, los ingenieros han logrado cada día mejorar los diseños de los motores para aprovechar la energía contenida y lograr una mayor eficiencia con menor impacto ambiental.

Prueba de esto, es el emplear gas natural vehicular en lugar de la gasolina para dar movimiento al vehículo, aunque con un sacrificio en la potencia. Pero cada día están saliendo al mercado sistemas de conversión a gas mucho más eficientes que disminuyen el impacto de este cambio.

El motor es un conjunto de piezas o elementos que unidas o relacionadas entre sí, transforman la energía contenida en el combustible en movimiento.

El funcionamiento del motor consiste en cuatro tiempos que son llamados de la siguiente manera:

Ilustración 1. Los cuatro tiempos del motor.



(Planeta Sedna@, 2010).

Admisión: En este tiempo la válvula de admisión permanece abierta mientras la de escape está cerrada. El ciclo comienza cuando el pistón parte desde el punto muerto superior (PMS) del cilindro hacia el punto muerto inferior (PMI), esto crea una depresión dentro del cilindro que hace que la mezcla de combustible y el oxígeno ingresen dentro él. En este punto, la válvula de admisión se cierra para permitir el comienzo del segundo tiempo del ciclo.

Compresión: Aquí ambas válvulas permanecen cerradas para permitir la compresión de la mezcla. El pistón, desde su PMI empieza a subir por el cilindro para poder comprimir los gases lo más posible hasta llegar al PMS. Esto permite que la mezcla aumente su temperatura, presión y densidad para así obtener un encendido más rápido de ella.

Expansión: En este punto ambas válvulas permanecen cerradas para que la presión generada durante este ciclo se transmita solamente hacia la superficie del pistón. Durante este tiempo, se produce una chispa por medio de la bujía que provoca el encendido de la mezcla, y con ello, que el pistón descienda rápidamente desde su PMS hacia el PMI para producir con esto el movimiento que se transmite al cigüeñal a través de la biela, que es lo que permite convertir el movimiento lineal en movimiento giratorio para que el vehículo se mueva.

Escape: En este último ciclo, la válvula de escape se abre para permitir la salida de los gases quemados durante el proceso de expansión. El pistón parte desde su PMI hacia el PMS para expulsar todos los gases que se encuentran dentro del cilindro y así iniciar nuevamente el ciclo de los 4 tiempos.

El motor de combustión interna está compuesto de las siguientes partes:

Ilustración 2. Partes principales del motor (Mitsubishi 4G63).



Los cilindros: Como su nombre lo indica, dentro de ellos los pistones viajan constantemente desde su PMS hacia su PMI realizando el ciclo de 4 tiempos. El buen mantenimiento de los cilindros es primordial para la duración del motor, una excelente lubricación es necesaria para que la película de aceite entre los anillos y ellos permanezca siempre para que el desgaste sea mínimo. Los cilindros suelen a veces desgastarse de manera no uniforme, pero esto se puede corregir por medio de un rectificado de su diámetro o en algunos casos se ponen camisas para

llevarlos a su estado original. Se debe tener en cuenta que el rectificado tiene un límite en todos los motores y solo puede ser realizado en algunas ocasiones.

Válvulas: Estas son las encargadas de permitir la entrada de la mezcla y la salida de los gases. En ocasiones en los vehículos que son convertidos a gas natural vehicular, se le debe recomendar al cliente que cambie las válvulas de escape por unas que soporten mayor temperatura debido a que en el proceso de expansión la temperatura generada es mucho mayor.

Pistón: El pistón es la pieza que se mueve dentro del cilindro y en la cual van ubicados los anillos, soporta toda la carga de la expansión de los gases. Por esto, están hechos de materiales aleados que soportan altos grados de temperatura. La forma de su parte superior determina en gran medida la relación de compresión del motor.

Anillos del pistón: Son los que proporcionan el sello entre el cilindro y el pistón para impedir que el aceite que lubrica se mezcle con los gases de entrada y escape, lo que provocaría el desgaste de este. También ayudan a impedir que los gases entren al cárter donde se encuentra el aceite.

Biela: La biela conecta el pistón con el cigüeñal. Puede rotar en ambos extremos, de modo que su ángulo pueda cambiar mientras que el pistón se mueve y el cigüeñal gira.

Cigüeñal: Es la parte del motor que recibe la fuerza lineal del tiempo de expansión por medio del pistón y la biela, para así convertirla en movimiento giratorio.

Bomba de aceite: La bomba de aceite se encarga de enviar el aceite desde el cárter hacia todas las partes móviles del motor para disminuir la fricción, lubricar y refrigerar.

2.2 POTENCIAMIENTO Y DESEMPEÑO DE MOTORES.

El motor de combustión interna se puede modificar de manera que su desempeño se logra multiplicar generosamente de cómo se crea originalmente. Estas innovaciones van desde la estructura básica hasta mejoras electrónicas. Casi todas estas variaciones que buscan mejorar todas y cada una de las partes básicas, se logran por la creatividad de Ingenieros y Técnicos muy preocupados en obtener la mayor potencia posible con un menor consumo de combustible; utiliza para ello modificaciones en la estructura, materiales, mejores diseños, con una Tecnología cada vez más sofisticada (TMEC@, 2005).

2.2.1 Modificaciones sencillas.

Las modificaciones que se describen a continuación, no son de un alto costo, por el contrario, son mejoras realizables a corto plazo y que no toman tiempo realizarlas ni hay necesidad de llevar el vehículo al taller:

- Kit de admisión directa.

El motor mejora su respuesta gracias a la baja restricción de paso de aire hacia su interior, mejora considerablemente su respuesta, incrementa la potencia y posibilita una reducción del consumo de combustible, además de una vida ilimitada, ya que son lavables.

La función principal de un kit de admisión directa es aumentar el caudal de aire al motor. No obstante la entrada de aire tiene que ser lo más uniforme posible, sin crear turbulencias que reduzca la velocidad (Tuning@, 2009).

Ilustración 3. Kit de Admisión directa (motor 4g63).



Ilustración 4. filtro de aire de alto rendimiento.



- Bujías de alto rendimiento.

La bujía influye en el comportamiento del motor ya que, en el instante de la explosión soporta unos 1000°C , un grado térmico inadecuado hace que el motor gaste hasta 4 puntos más de gasolina cada Km, contamina el medio ambiente y, el tubo de escape, se corroe.

Las bujías de fabrica vienen con uno, dos, tres o cuatro electrodos, no existiendo diferencias en cuanto a su funcionamiento termodinámico. Sin embargo existen diferencias de conductividad si los electrodos son de cobre, Níquel, Platino o Plata. Y según sea el material de los electrodos, el precio de las bujías será distinto (Bosch@, 2009).

Ilustración 5. Bujías de Iridio alto rendimiento



- Cables de bujías

Los cables de bujías, cables de alta tensión o cables de ignición secundarios, conduce el alto voltaje que produce la bobina que varía de entre 8.000 a 12.000 voltios/pie. Hay varios tipos de cables de bujía, por diseños, colores, formas, tamaños pero todos tienen la misma función que es la de energizar la bujía para producir la chispa de ignición (TV@, 2008).

El paso de elevada intensidad de la bobina a la bujía necesita cables con buena sección y que dificulten lo mínimo el paso de esta. Para motores con mucha potencia, cada detalle suma.

Ilustración 6. Cables para bujías de 10.2mm de alta resistencia térmica.



- Centralitas electrónicas.

El vehículo a inyección, posee una U.C.E ó E.C.U. (unidad de control electrónico) que maneja la inyección del combustible, el avance del encendido, la presión del turbo, limitadores de RPM y velocidad, correctores de levas y todos los parámetros del funcionamiento de la inyección electrónica.

El software consiste básicamente en un programa desarrollado por el fabricante para un tipo de motor concreto. Durante su diseño, se busca la mayor variedad posible de condiciones de conducción:

Calidad de combustible.

Diferentes climas y alturas.

Valores de emisiones específicos para la mayoría de los países.

También se han de tener en cuenta los distintos perfiles de los conductores.

Uso de vehículo (arrastrar remolques o dar paseos).

(Tuning@, 2009).

El chip o centralita juega un papel importante, los Ingenieros analizan los parámetros originales de la centralita electrónica, y posteriormente los modifican en función de los parámetros vistos anteriormente, consiguiendo mejorar la información y los tiempos de avance de los inyectores.

El resultado conseguido es mejorar la potencia y el par motor. Ya no queda más que acoplar este chip optimizado a la centralita electrónica del automóvil (TM@, 2004).

- Líneas de escape.

A diferencia de la línea original que está diseñada teniendo en cuenta costo, espacio, e insonorización, la cual no llega a extraer todo el aire del motor, las de

competición están hechas de acero inoxidable de alta calidad y están diseñados para un flujo de gases de escape óptimo.

Podemos dividir la línea de escape en:

- Colectores 4 en 1.
- Supresores de catalizador.
- Silenciosos deportivos.

Ilustración 7. Headers.



2.2.2 Modificaciones de taller.

En este tipo de intervenciones se hace necesario que el vehículo sea llevado al taller. Hay que tener en cuenta que algunas de las modificaciones que se van a mostrar requieren de mucho tiempo y a veces el consumidor debe prescindir de su auto por varios días:

- Transformaciones de culata.

La culata es el más importante de los elementos, pues en ella se encuentra casi la totalidad de los órganos que constituyen la distribución. Como las válvulas y sus resortes, los empujadores, los balancines, pasajes de admisión y escape e incluso ya en muchos motores los árboles de levas.

El motor óptimo de rendimiento requiere el trucaje de la culata, que es la que mayor porcentaje de aumento de performance ofrece y no el incremento de cilindrada como erróneamente se cree.

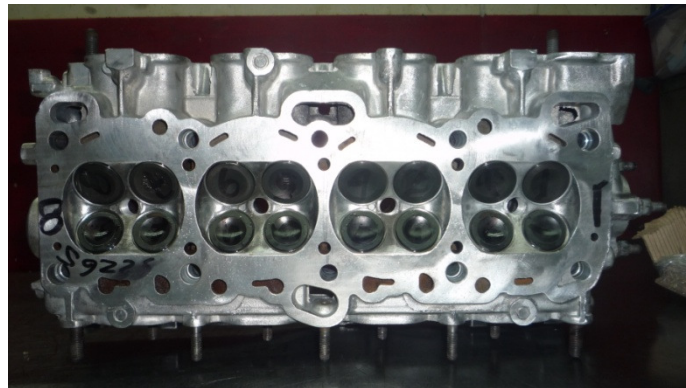
- Trucaje de la relación de compresión.

La relación de compresión, aumenta del siguiente modo, son 3 opciones:

- Rebajamos la culata mediante cualquier procedimiento de maquinado.
- Montamos émbolos de cabeza más alta a fin de que sobresalgan del plano del bloque.
- como tercera opción haremos sobresalir la cabeza de los émbolos rebajando el bloque en su parte posterior.

(Chilton, 2002).

Ilustración 8. Culata.



- Transformación de las cámaras.

La cámara más ineficiente, aquella no es esférica, ya que esta última tiene la mejor de las formas, antes de aumentar el índice de compresión se procura dar una conformación esférica si es posible. En el caso contrario debe redondear su contorno a fin de eliminar los puntos calientes, ya que al comprimir con más fuerza los gases estos se calientan mucho más acumulándose este exceso de calor en

esos puntos calientes o aristas de la cámara, provocando su inflamación anticipadamente y originándose el autoencendido o picado.

- Ensanchamiento de los conductos de válvula.

El motor aumenta su rendimiento al aumentar su respiración, o sea la cantidad de mezcla aspirada y la rapidez o facilidad de evacuación de los gases quemados.

- Refuerzo de los pernos de culata.

La relación de compresión aumenta, luego esto quiere decir que ha incrementado proporcionalmente la presión interna de los cilindros. Esta presión le hace solidaria del bloque por mediación de los pernos de fijación. Por lo tanto, se aumenta el apriete de la culata solucionándolo dando los pernos una sección mayor. También se tiene en cuenta el refuerzo de los pernos de fijación de los balancines, aunque el aumento de sección no será tan acusado como en los pernos de culata (TMEC@, 2005).

- Órganos de la distribución.

Árbol de levas: Es el más importante de los elementos que constituye el mecanismo de la distribución. De su buen cálculo y sincronización depende el rendimiento del motor. Ganancias de 15Cv a 25Cv son posibles con unas levas más deportivas.

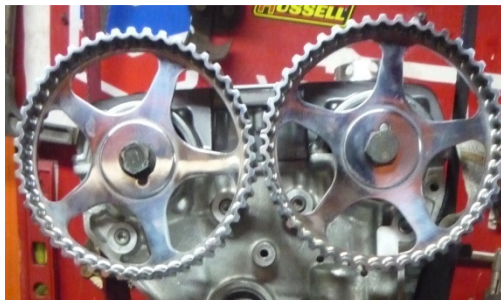
El trucaje del perfil de las levas actúa sobre el ciclo de apertura y cierre de válvulas, mejorándolo, por supuesto.

Ilustración 9. Árbol de levas.



Poleas de árbol de levas o distribución: Indispensables para poner a punto levas de competición. No tienen mucha utilidad su uso con el árbol de levas original.

Ilustración 10. Poleas de Distribución.



Las válvulas: la importancia de las válvulas y de su diámetro en la relación con el rendimiento volumétrico del motor, pudiendo observar que cuanto mayor es el diámetro de las válvulas más satisfactoria es la respiración.

La válvula ofrece un problema, principalmente la de escape y, es la refrigeración. Por tanto al modificar un motor debemos equiparlo con válvulas de alta calidad sobre todo para el escape.

El ángulo de asiento: El ángulo de asiento es, en el campo del trucaje de motores, un tema digno de tener en consideración, pues tiene una gran influencia en el aumento de la respiración del motor. La mayoría de los constructores de motores adopta un ángulo de 45° para el cierre de la válvula por ser el que mayor

seguridad de cierre rápido ofrece y por tanto mejor dispersión del calor a evacuar. Este es un punto favorable para las válvulas de escape, pues permite darle a éstas mayor robustez lo cual evita toda deformación, aunque disminuye bastante el paso de los gases si lo comparamos con el ángulo de 30° .

La válvula con ángulo de 30° , en su espesor, se debilita. Haciéndola más susceptible a la deformación y no siendo por tanto aconsejable en las válvulas sometidas a altas temperaturas.

Resortes de válvulas: Si se va a modificar o cambiar las levas es indispensable cambiar los resortes de las válvulas para que no “floten” a altas revoluciones.

Ilustración 11. Resortes de válvulas.



Retenes: Al igual que los resortes de válvulas, son indispensables para altas revoluciones por su mayor resistencia y menos peso que los retenes originales. Los mejores son los de Titanio (TMEC@, 2005).

Ilustración 12. Reten de válvula.



Trucaje de émbolos: El objetivo principal en el trucaje de émbolos es buscar la semejanza de la cabeza del émbolo a la cámara de explosión obteniendo las siguientes ventajas:

- Poder elevar al máximo el índice de compresión sin llegar a provocar la detonación.
- Mayor turbulencia de gases, lo cual facilita su emulsión para el posterior encendido.
- Mayor velocidad de los gases en el tiempo de escape.

Ilustración 13. Émbolos.



(Chilton, 2002).

Modificaciones del cigüeñal: el cigüeñal se modifica en conjunto con las bielas y pistones, para aumentarle la carrera y en consecuencia aumentar el cilindraje o para disminuir la carrera para poder así aumentar el tamaño de los cilindros y válvulas.

Las bielas: las bielas se someten a muy pocas modificaciones, dado que en un principio se calculan para soportar cargas superiores a las de trabajo normal. No obstante pueden hacerse a ellas algunas importantes modificaciones, tales como reforzar los pernos de fijación, aligerar su peso y lógicamente equilibrarlas entre sí.

Ilustración 14. Biela.



Aumento de la lubricación y retención del aceite: Al aumentar la potencia y el número de revoluciones al transformar un motor, aumenta su temperatura y desgaste y se obliga a mejorar el caudal del aceite a efectos de proporcionar a todos los elementos en movimiento una película de aceite fresco (radiador de aceite) y limpio que los proteja del desgaste y agarrotamiento (Gilleri, 2005).

Sobrealimentación de motores: Con estos elementos se obliga la entrada de aire en los cilindros, para incrementar por consiguiente, la respiración y el rendimiento volumétrico, lo cual equivale a un aumento de potencia.

La relación de compresión en los motores no se aumenta, sino reducida puesto que al ser mayor el volumen de mezcla aire combustible precisa de mayor espacio en la cámara (Kirsch@, 2004).

Ilustración 15. Kit completo de instalación y turbo compresor.



(JDM@, 2010).

2.3 PASOS DE PRE CONVERSIÓN, A FIN DE QUE EL CONSUMIDOR FINAL CONOZCA.

El vehículo que quiere ser modificado para trabajar a gas natural, debe pasar una inspección detallada antes de realizar dicho procedimiento. Se debe tener en cuenta que siempre debe realizarse este procedimiento, según norma colombiana se exige a la empresa prestadora del servicio. A continuación se muestran los pasos de pre conversión:

2.3.1 Estado y carga de batería, motor de arranque.

El sistema de carga es vital dentro del funcionamiento del vehículo, especialmente cuando se requiere encender una mezcla de contiene gas en lugar de gasolina.

El Gas es más difícil de encender cuando se encuentra frío, por esto, el sistema debe estar en óptimas condiciones para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de conversión. Para ello, se realizan las siguientes pruebas:

- Prueba de capacidad de batería.
- Prueba de esfuerzo de la batería.
- Estado del motor de arranque.

Ilustración 16. Batería y voltímetro.



(Anderson@, 2010).

2.3.2 Control y estabilidad del sistema de carga.

Se realiza para verificar el estado de la batería y el correcto funcionamiento del alternador en todo tipo de situación, la prueba consiste en:

- Verificación de Consumo de amperaje y regulación con dispositivos OFF.
- Verificación de consumo de amperaje y regulación con dispositivos ON.

Los dispositivos a los cuales hace referencia esta prueba son: luces, radio, aire acondicionado, entre otros.

2.3.3 Estado mecánico del motor.

El estado del motor es lo que en realidad dictará si es posible o no la conversión a gas natural vehicular, puesto que es la que va a sufrir el mayor desgaste y va a ser sometido a las altas temperaturas. Las principales pruebas a tener en cuenta son:

- Prueba de vacío Dinámico
- Prueba de Compresión
- Prueba de Fugas en la cámara de combustión.
- Análisis de Bujías.

Ilustración 17. Prueba de compresión.



(Burnbeck@, 2010).

2.3.4 Fugas en el múltiple y ductos de admisión.

En la conversión a gas natural, es muy importante que no existan fugas dentro del múltiple de admisión, ya que el gas entra a la cámara de combustión gracias a la depresión que se crea en el cilindro y pasa a través de estos ductos, lo cual lleva a realizar las siguientes pruebas:

- Verificación de fugas de vacío en el múltiple de admisión.
- Verificación de fugas en el ducto de admisión de aire.
- Verificación de fugas de vacío en sistemas alternos.

Ilustración 18. Kit para verificar fugas.



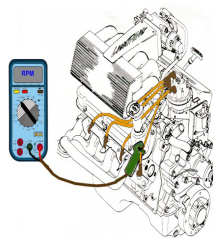
(2carspros@, 2010).

2.3.5 Estado y funcionamiento sistema encendido.

El vehículo que se convierte a gas, es más difícil de encender cuando se encuentra frío, de allí que las partes que crean la chispa estén en perfecto estado para obtener el mejor desempeño:

- Verificación de alimentación a bobina de encendido.
- Verificación de estado y funcionamiento de bobina de encendido.
- Verificación y control del tiempo de saturación.
- Verificación estado eléctrico secundario.
- Verificación resistencia cables de alta.

Ilustración 19. Verificación de cables de alta en el motor.



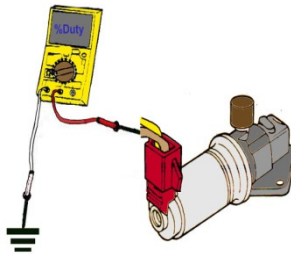
(Bernal, 2007).

2.3.6 Estado Sistema de control en marcha mínima.

Verificar el estado del cuerpo de aceleración del vehículo:

- Verificación de Estado y Ajuste de mariposa de aceleración.
- Verificación del circuito alterno de marcha mínima.

Ilustración 20. Verificación de marcha mínima



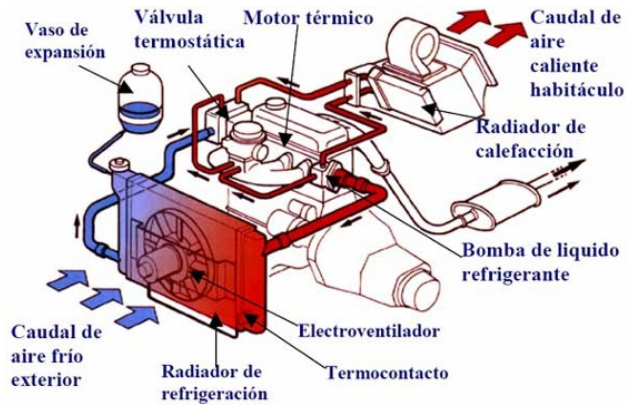
(Bernal, 2007).

2.3.7 Estado del sistema de refrigeración.

La refrigeración es una parte vital en la conversión a gas natural, debido a su más alto grado de temperatura, el sistema debe estar funcionando al 100% para evacuar rápidamente el calor generado durante la explosión, así verificamos el sistema:

- Verificación de presión de bomba de agua.
- Verificación inexistencia de fugas.
- Verificación estado radiador.
- Verificación estado de Termostato.
- Verificación del caudal de refrigerante.
- Verificación de temperatura a la entrada y salida del radiador (diferencia de al menos de 10 grados centígrados).

Ilustración 21. Sistema de refrigeración.



(Naiko tuning@, 2010).

2.3.8 Análisis de gases.

El análisis de gases es fundamental para saber si el vehículo se encuentra en óptimas condiciones en la quema de la mezcla:

- Estado ducto de escape.
- Estado y funcionamiento de la válvula PCV (válvula de presión positiva del cárter).
- Marcha mínima y alta.

Ilustración 22 Analizador de gases.



Tomado de (Autotools@, 2010).

Cuando el vehículo cumple estas condiciones, que no son más que la verificación de un funcionamiento correcto de todo su conjunto, se puede disponer a realizar la conversión a gas natural vehicular (Bernal, 2007).

2.4 ILUSTRAR OPCIONES DE POTENCIACIÓN DEL MOTOR, ACORDE A LAS NECESIDADES, DESEOS, REQUERIMIENTOS Y PRESUPUESTO.

Luego de haber realizado las verificaciones pertinentes en el vehículo para su conversión, entender el funcionamiento interno y conocer las distintas opciones de potenciación. Es posible mostrar algunas opciones de mejora, que puede ayudar al consumidor a obtener un mejor desempeño de su vehículo a pesar de realizar el cambio de combustible, que en últimas es un sacrificio en la potencia final.

Toda búsqueda por mejorar la potencia en el motor se apoya de unos principios básicos que son, el aumentar la entrada de aire, la cilindrada, la velocidad de rotación del motor y la eficiencia volumétrica.

En lo que se centran las siguientes modificaciones es en aumentar la eficiencia volumétrica:

$$EV = \frac{\text{Flujo volumétrico real}}{\text{Flujo volumétrico teórico}} \text{ (Warner, 2006).}$$

El consumidor que quiere obtener un mejor desempeño de su vehículo, debe estar consciente que debe gastar un poco más de su presupuesto para obtener el mismo caballaje que tenía anteriormente, o si desea que sea mayor, debe estar preparado para realizar cambios mucho más profundos. Para ello, se muestran una serie de modificaciones que van a la par en cuanto al gasto económico:

2.4.1 Modificación básica.

La modificación básica comienza con el cambio de algunas partes exteriores al motor, que ofrecen un mejor desempeño que las de fábrica, con lo cual se logra un aumento en la potencia del vehículo entre 10-15 HP. Este cambio es suficiente para compensar la pérdida de potencia debido al cambio de combustible a gas. Las partes a cambiar son:

- Kit de admisión directa: Esto permite que el motor del vehículo aspire un volumen mayor de aire que el filtro de aire del fabricante original. Más aire significa más caballos de potencia y aceleración disponibles a lo largo del

rango de RPM del motor, con incluso más potencia en motores turboalimentados y de alimentación a presión. Las pruebas han demostrado que al hacer comparaciones con la admisión de aire del fabricante original, el sistema de admisión permite más flujo de aire al motor, lo cual produce mayor potencia y torsión. Los resultados de su filtro pueden variar dependiendo de la aplicación, uso, condiciones, equipo del vehículo y el límite del sistema de admisión actual (K&N®, 2010).

Con este cambio se obtiene un mejor paso del aire hacia el sistema de admisión con menos restricción del flujo, con lo cual se obtiene más oxígeno entrando a la cámara de combustión (ilustración 4).

- Cables de alta: Al mejorar los cables obtenemos una menor restricción del paso de la corriente hacia las bujías (ilustración 7).
- Bujías de Iridio: Estas bujías aseguran alta durabilidad y estabilidad en la chispa, la aleación de iridio posee un alto punto de fusión para motores de alto de desempeño, posee grandes propiedades anticorrosivas, aceleración sin precedentes y consumo óptimo de combustible (ilustración 6) (NGK®, 2010).
- Headers o múltiple de escape: El cambio de esta parte permite que los gases de salida de la cámara de combustión escape mucho más rápido, permitiendo una más eficiente evacuación de ellos.

La idea detrás de un header es eliminar la contrapresión. En lugar de un múltiple de escape común que comparte todos los cilindros, cada cilindro tiene su propio tubo de escape. Estos tubos se unen en un tubo más grande llamado el colector. Los tubos individuales son cortados y doblado de forma que compartan la misma longitud. De este modo se garantiza que los gases de escape de cada cilindro lleguen al colector igualmente espaciados para no generar contrapresión en ninguno de los cilindros (HSW®, 2010)(ilustración 8).

Con estas sencillas modificaciones se pretende aumentar la eficiencia de entrada de los gases, mejoramiento de la chispa dentro de la cámara de combustión y

optimizar la salida de los gases, todo esto sin realizar ninguna modificación interna en el motor.

Todas estas modificaciones se pueden realizar en menos de 1 hora, y teniendo un poco de conocimiento de mecánica automotriz, hasta se puede realizar por cada persona en la comodidad de su hogar.

2.4.2 Modificación intermedia.

Hasta este punto el motor no se ha tocado, pero para esta modificación es necesaria una intervención más profunda. Por lo tanto, este proceso es algo que debe realizarse en un taller con personal calificado y herramienta especializada, lo que implica un mayor costo de mano de obra.

Con esta intervención se pretende aumentar la potencia en unos 30-35HP, pero cabe tener en cuenta que todo lo de lo básico aplica para esta intervención.

Como se ha dicho anteriormente, la mayor cantidad de potencia que se puede obtener en un motor se encuentra en la culata, por ende, la parte a intervenir en esta modificación es ésta (Crouse@, 2009).

Hay algo que se llama PORTING dentro del trucaje de motores, Esto consiste en aumentar los orificios de entrada y salida de la culata, pulir la cámara de combustión y suavizar las superficies internas para mejorar la eficiencia volumétrica y la salida de los gases de modo que se aproxime lo más posible a una relación 1:1 entre entrada y escape.

Hay que tener en cuenta algunas recomendaciones al momento de realizar el porting a la culata (ilustración 9):

- Las válvulas de admisión y escape tienen una diferencia de tamaño, siendo las de admisión un poco más grandes, esto es primordial tenerlo en cuenta al momento de realizar el trabajo, puesto que de fábrica el motor viene con una relación volumétrica entre ellas.

Teniendo esto en cuenta, el mecánico encargado de realizar el trabajo de porting, debe tener muy en cuenta esta relación, ya que al aumentar el

diámetro de entrada del lado de la admisión lo debe realizar proporcionalmente en el lado del escape para así conservar dicha relación.

- La cámara de combustión en cada motor es diferente, pero la mayoría de fabricantes de vehículos buscan que ésta tenga una forma esférica, porque esta forma es la más eficiente para distribuir los gases dentro de ella. Por consecuencia, se busca suavizar la superficie de la cámara al máximo, y dar la forma más esférica posible durante el proceso de porting, para así evitar puntos calientes dentro de ella que pueden ocasionar autoencendido o detonaciones que pueden ser muy dañinas para el motor.
- Las superficies internas de entrada y salida de la culata generalmente son rugosas, por ello que se deba realizar un trabajo de pulido a todas las paredes de modo tal que los gases puedan pasar más libremente sin generar mayores turbulencias dentro del proceso y así su flujo sea mucho más uniforme hacia la cámara de combustión.
- Cuando se desea aumentar aún más el flujo hacia la cámara hay otra opción que se realiza durante el proceso de porting y es cortar el perfil de la guía de la válvula que sobresale por la entrada y la salida de la culata, lo que deja solamente la válvula como tal como la única obstrucción.

Cabe anotar que hay diferentes tipos de porting dependiendo de que tanto trabajo se realice a la culata. Estos van desde el básico, medio y extremo que es el que está descrito en la parte superior.

Se debe tener en cuenta que muchas de estas intervenciones vienen de procesos de trucaje de motores para competencia, pero que perfectamente es aplicable para el carro de uso diario, más aún cuando se va a trabajar a gas, con lo cual el aumento en el consumo de combustible se compensa con el precio del gas.

Esta modificación incluso deja al vehículo con una mayor potencia que la de fábrica del automotor, por lo cual los beneficios son extraordinarios.

El presupuesto para esta modificación es un poco más alto que la básica puesto que requiere personal especializado, pero los beneficios alcanzados con un

trabajo de porting bien hecho quedan compensados desde el mismo momento que se monta al vehículo.

2.4.3 Modificación avanzada.

Todavía hay mucho poder por extraer del tren de válvulas de cualquier vehículo, los árboles de levas pueden mantener las válvulas abiertas mucho más tiempo, las poleas de levas se pueden cambiar para modificar el tiempo de apertura de las válvulas, y las válvulas en sí mismas se pueden cambiar por materiales más ligeros, modificar su ángulo de asiento para que así el aire entre a los cilindros aún más rápido (Buglewicz, 2007).

En este punto de modificación ya se debe tener en cuenta que los dos pasos anteriores ya han sido realizados, por lo cual se continúa con los cambios en la culata para extraer más del potencial que hay dentro de ella. Así se logra extraer el máximo potencial del motor sin tener que agregar accesorios adicionales y mucho más costosos como lo es por ejemplo, la instalación de un turbo. Por consiguiente se lleva a cabo los siguientes pasos para obtener una potencia total de 40-45HP:

- **Árbol de levas:** El árbol de levas es el encargado de abrir y cerrar las válvulas durante cierto periodo de tiempo. Como si fuera una puerta para los gases de entrada y de salida. Por esta razón, al alterar el perfil de la leva tendrá un efecto en el desempeño. Permitir que las válvulas de admisión estén abiertas por un mayor periodo de tiempo o que abran más, se obtendrá como resultado más aire y combustible en el motor.

Las medidas a tener en cuenta en el árbol de levas son la apertura y la duración. La apertura es la máxima distancia la cual la leva empuja el balancín cuando la válvula está abierta y se mide en milímetros o pulgadas. Cabe anotar que ésta distancia no es la medida en que la válvula se abre, hay una relación de 1.7:1 entre el balancín y ella, por lo cual hay que multiplicar la distancia por

1.7 para encontrar la medida correcta a la que se abre. La duración es la cantidad de tiempo que la leva presiona la válvula desde su asiento para que permanezca abierta y su medición es en grados.

Para algunos motores, hay fabricantes que realizan árbol de levas para distintos propósitos, pero también hay talleres especializados que hacen el nuevo perfil en el árbol de levas original.

- Válvulas: Las válvulas son, por así decirlo, las puertas que permiten la entrada y salida de los gases, una forma fácil de mejorar el desempeño del motor es simplemente limpiando su superficie, puesto que están sometidas a tanta carga constantemente, en especial las de escape que son las que reciben la mayor temperatura, desgaste y con el tiempo acumulan mucha suciedad. Aunque limpiar las válvulas es una buena idea, lo mejor para aumentar el desempeño del motor es adquirir unas sobredimensionadas, cercano a 1mm, esto no puede parecer mucho pero si se mira el área puede ser hasta un 6% de incremento, y si se habla de un motor con cuatro válvulas por cilindro, hay un incremento del 12% en admisión y un alrededor de un 14% en escape, como resultado de lo anterior hay una mayor entrada de mezcla a la cámara de combustión y salida rápida de los gases quemados. Hay que tener en cuenta que las válvulas sobredimensionadas requiere de un trabajo extra en la culata, ampliar el círculo del asiento y rectificarlo. Los retenedores, guías y resortes también deberán ser cambiados.

La mejor opción para las válvulas, pero también la más costosa, es cambiarlas por unas de titanio porque pueden soportar una mayor temperatura que las originales (Buglewicz, 2007).

- Pistones: Los pistones son una de las piezas que soportan toda la temperatura generada en el tiempo de expansión del motor. Esta temperatura es alrededor de 400 grados centígrados, pero cuando se cambia el combustible de un vehículo a gas natural, la temperatura se incrementa aún más durante ese lapso de tiempo, alrededor de 700 grados centígrados. Por ello se hace muy importante proteger los pistones para que puedan soportar esta carga durante

un mayor lapso de tiempo, y no tiendan a desgastarse prematuramente como normalmente sucede.

Hay compañías que ofrecen un recubrimiento especial para los pistones. Diseñados como una barrera térmica, estos recubrimientos cerámicos son aplicados para añadir mayor durabilidad.

Después de haber realizado estas modificaciones, se nota la gran diferencia en desempeño en el vehículo, si se desea se puede llevar a un dinamómetro antes de realizar el trabajo y después de terminado para ver en números que tanta fue la potencia ganada.

Es de suma importancia que se tenga en cuenta que cada motor es diferente, y no todos experimentaran los mismos cambios, los caballajes mencionados arriba son un estimativo de lo que se puede lograr, pero todo depende de que también hecho hayan sido los trabajos, puesto que son piezas de mucho cuidado y precisión que necesitan de personal muy especializado en la materia y alta experiencia.

2.5 CONCLUIR LOS PRINCIPALES RESULTADOS DE LOS PUNTOS ANTES MENCIONADOS, VALIDANDO SU EFICIENCIA EN UN VEHÍCULO POR MEDIO DE UN DINAMÓMETRO.

El vehículo que es convertido a gas natural vehicular, como se había dicho anteriormente, pierde un poco de su potencia original debido a que el motor no fue diseñado para trabajar con este combustible. Por esta razón, se desea mostrar un proceso de repotenciación realizado a un vehículo Mazda 626L modelo 1994 convertido a gas.

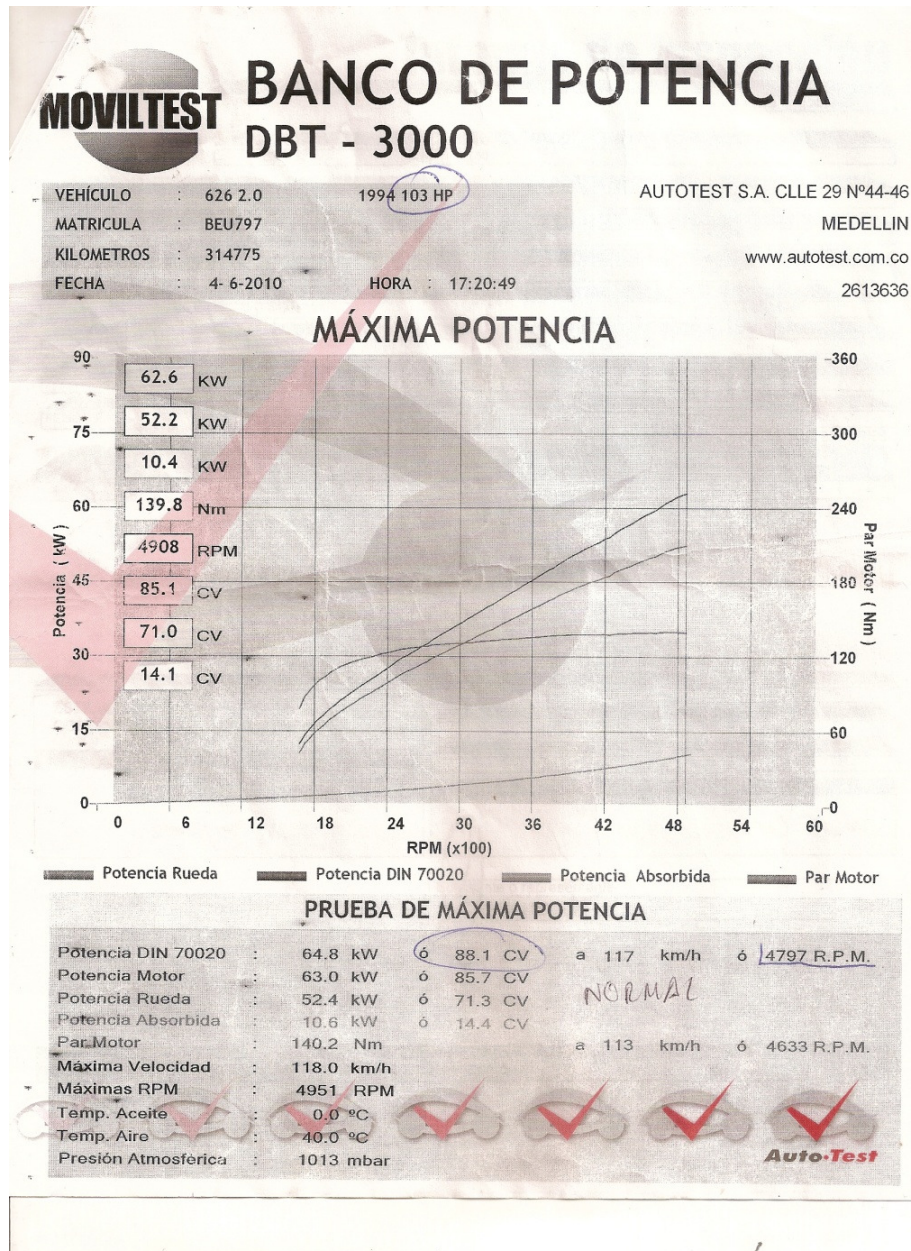
Ilustración 23. Vehículo a trabajar.



El trabajo realizado en el motor es un extreme porting que ya se explico en qué consiste anteriormente, pero que ahora se verá en la práctica como se lleva a cabo.

Antes de entrar a los detalles del proceso, se muestra el test realizado en el dinamómetro:

Ilustración 24. Dinamómetro antes del proceso.



En la gráfica se ve claramente que el vehículo muestra una potencia máxima de 88.1 HP a 4797 RPM. Esto servirá de base para saber cuál es la ganancia luego de terminado el proceso de porting.

Por medio de este proceso se busca aumentar la eficiencia volumétrica del motor, como se desconoce, a continuación, con ayuda de las variables que nos

proporciona el dinamómetro es posible calcular la eficiencia volumétrica para efectos de la mejora luego de la intervención en el vehículo:

Primero se calcula el flujo volumétrico real:

$$FVR = \frac{\text{Cilindraje} * RPM}{3456} = \frac{121.9cid * 4797rpm}{3456} = 169.2cfm$$

Ahora se calcula el flujo volumétrico teórico con datos del fabricante:

$$FVT = \frac{\text{Cilindraje} * RPM}{3456} = \frac{121.9cid * 5600rpm}{3456} = 197.5cfm$$

En consecuencia la eficiencia volumétrica es:

$$EV = \frac{\text{Flujo volumétrico real}}{\text{Flujo volumétrico teórico}} = \frac{169.2cfm}{197.5cfm} = 0.85$$

Ahora se sabe que la eficiencia volumétrica actual es del 85%, con este dato en mente se puede empezar con el trabajo de mejoramiento del vehículo.

El vehículo antes de entrar a este proceso ya ha sido sometido a una modificación básica, esta consistió en:

- Cables de alta más gruesos.
- Bobina accel de 50000 voltios.
- Headers.
- Bujías de Iridio.

Después de tener estas modificaciones básicas, se procede directamente al proceso antes mencionado:

- Limpieza de las partes a trabajar: antes de realizar cualquier trabajo de mecánica, es indispensable limpiar todas las piezas para verificar con mayor facilidad el estado de estas, y de ser necesario reemplazar lo que se necesite.

Ilustración 25. Partes lavadas, Culata y Válvulas.



Ilustración 26. Resortes y retenedores de válvulas.



- Iniciación y proceso del Porting: Antes de comenzar a ampliar las aberturas de entrada y salida, se realizaron los cálculos pertinentes para poder tener en cuenta la diferencia entre la admisión y el escape. Aquí dos fotografías de antes y el después:

Ilustración 27. Antes del porting.



Ilustración 28. Ducto de admisión antes.

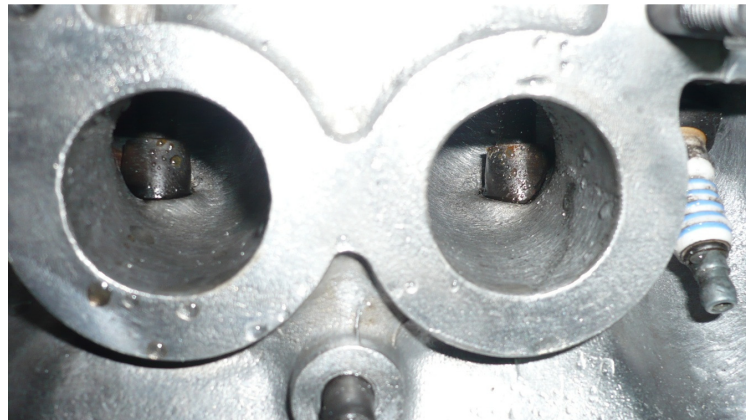


Ilustración 29. Ducto de admisión después.

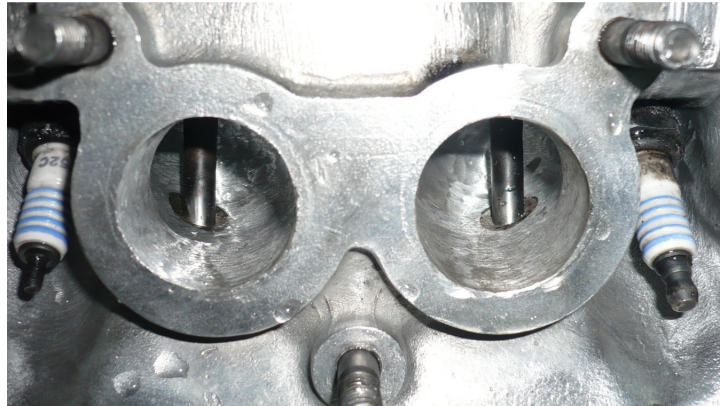


Ilustración 30. Después del porting.



Nótese que al mirar detenidamente los ductos antes y después, se puede ver claramente como el conducto después de realizado el porting, tiene una circunferencia mucho más constante y amplia que antes. También la guía de la válvula que ha sido cortada para facilitar el flujo de los gases.

Este es un proceso largo y tedioso, puesto que para realizar los cálculos necesarios de verificación, se debe montar nuevamente el conjunto de válvulas, para así medir todos los ductos para confirmar que se encuentren iguales, y esto es algo que no se logra fácilmente.

- Aumento de la eficiencia en la cámara de combustión: Luego de realizado el proceso de porting, se hizo necesario mirar detenidamente la cámara de combustión, ya que ésta no posee una forma esférica, no es tan eficiente como

las de otros motores, por lo tanto se busca redondear la cámara buscando esa forma deseada, además de la eliminación de puntos calientes para evitar futuras detonaciones dentro de ella.

También para obtener una mejor compresión de los gases, se busca mejorar la relación de compresión realizando un trabajo de cepillado a la superficie de la culata, eso sí, dejando un margen de tolerancia para una futura reparación en caso de ser necesario por cualquier eventualidad que pueda ocurrir.

Ilustración 31. Cámara de combustión y superficie de culata antes.

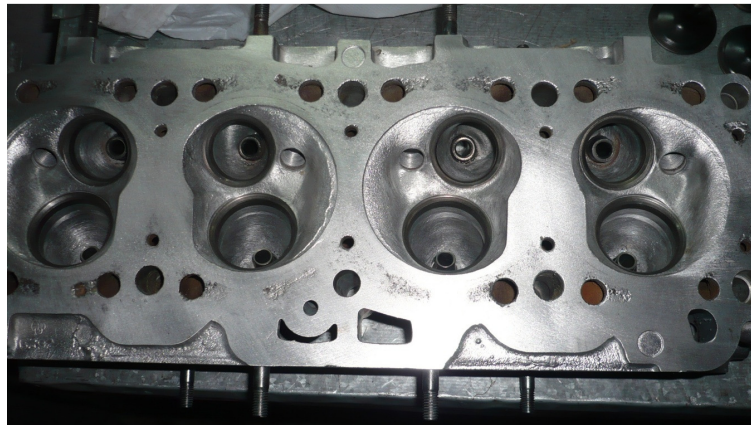
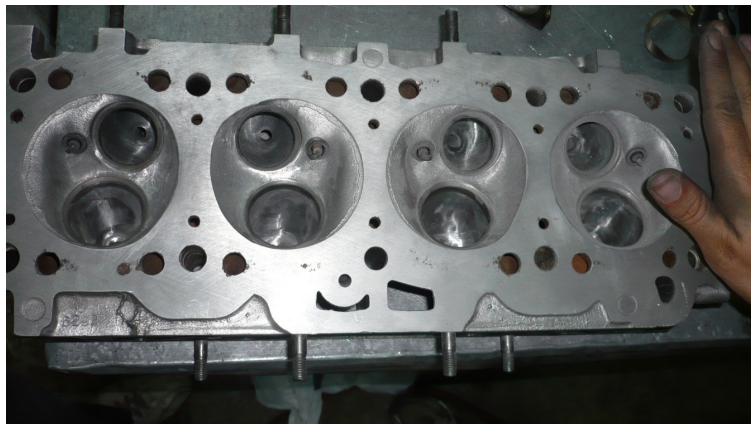


Ilustración 32. Cámara de combustión y superficie de culata cepillada después.



Se puede ver claramente en las fotografías el gran cambio de la cámara de combustión y la superficie de la culata, con esta forma los gases se distribuirán de una manera más uniforme, además de que tendrá una mayor capacidad de

almacenaje de gases dentro de ella. Pero también cabe recordar que al aumentar la relación de compresión los gases se comprimen mejor para una explosión mucho más eficiente.

- Suavización de superficies en los ductos y cámara: Para lograr que los gases que entran y salen de la cámara sean lo más uniforme posibles, las superficies de los ductos y la cámara se someten a un proceso de pulido, para con ello disminuir la turbulencia.

Ilustración 33. Superficie de los ductos pulida.



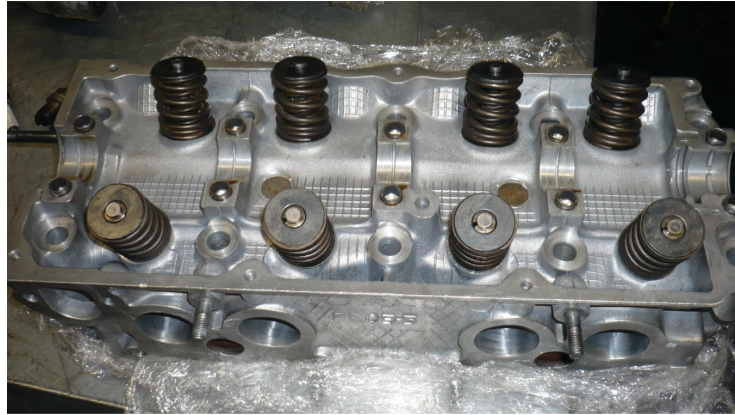
Ilustración 34. Superficie de la cámara pulida.



- Armado de la culata y motor: Luego de terminar de pulir las superficies se procede al montado definitivo de las válvulas, con gorros nuevos y

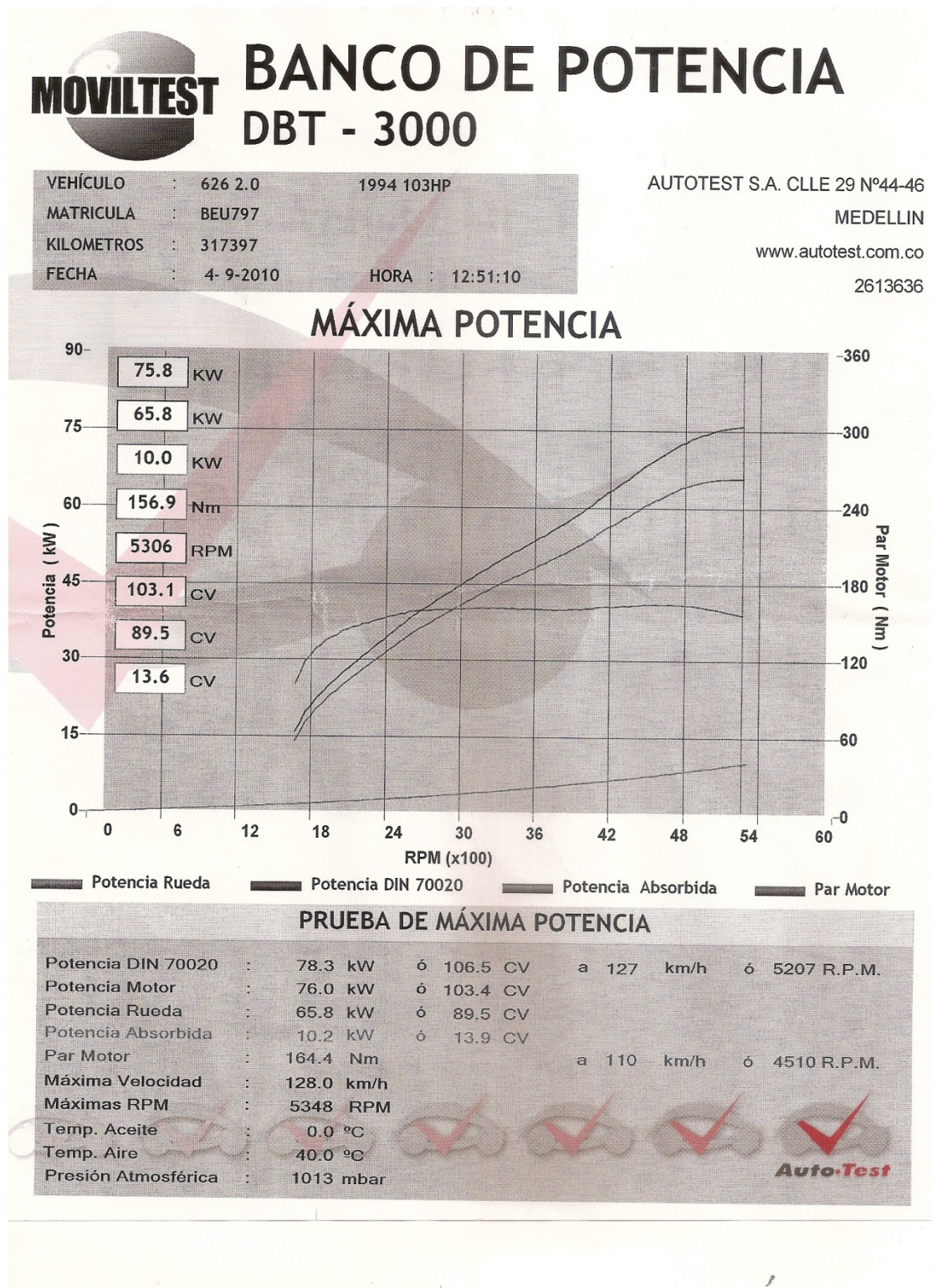
asentamiento de éstas. También cuando la culata va a ser puesta nuevamente sobre el bloque, se debe cambiar su empaque y tener en cuenta todas las especificaciones de torque del fabricante para un ensamble perfecto.

Ilustración 35. Válvulas asentadas con gorros nuevos.



Luego de armado el motor y puesto a prueba el vehículo durante varios días, se dispone a realizar nuevamente la prueba en el dinamómetro, con ello se busca constatar el aumento en la potencia ya sobre el papel.

Ilustración 36. Prueba de potencia luego del proceso.



Es notable la diferencia que hay luego de realizado el proceso de repotenciación al motor. Mientras que antes había mostrado una potencia de 88.1HP a 4797 RPM ahora la prueba muestra 106.5HP a 5207 RPM, esto es un aumento total de 18.4HP, esto demuestra que es posible mejorar en gran medida las condiciones originales del motor con pequeñas y también con grandes modificaciones.

Cabe anotar que este proceso fue realizado en un período de alrededor de 3 meses debido al poco presupuesto que disponía el dueño del vehículo, por lo cual se realizó en varias etapas. Eso sin contar que la mano de obra no fue cobrada debido a que fue realizada por nosotros y por propósitos del proyecto de tesis.

Ahora que tenemos los datos en el papel, podemos volver a realizar el cálculo de la eficiencia volumétrica en base a los nuevos datos:

Flujo volumétrico real:

$$FVR = \frac{\text{Cilindraje} * RPM}{3456} = \frac{121.9cid * 5207rpm}{3456} = 183.6cfm$$

Eficiencia volumétrica:

$$EV = \frac{\text{Flujo volumétrico real}}{\text{Flujo volumétrico teórico}} = \frac{183.6cfm}{197.5cfm} = 0.93$$

Ahora podemos ver que la eficiencia volumétrica aumento al 93%, esto muestra un aumento del 8%, que puede parecer poco en números, pero como se dijo anteriormente, este porcentaje equivale a un aumento del caballaje en un grandioso 20.8%, dejando claro las ventajas proporcionadas durante el proceso de potenciación.

3. CONCLUSIONES

- Con los conocimientos básicos sobre motores y combustibles, las personas comprenden mejor el funcionamiento interno del motor, sus partes principales y las características que debe tener el combustible para que éste se desempeñe adecuadamente.
- Cuando el consumidor conoce las opciones que hay para aumentar la potencia de su motor, desde sus modificaciones sencillas, hasta las más avanzadas así sea en forma teórica, se crea un interés general por el automóvil, que los motiva a ir más allá de una simple conversión a gas natural vehicular.
- Las modificaciones ofrecidas, desde la básica hasta la avanzada, son sugerencias de lo que se debería hacer en un orden lógico de ideas, pero si el dueño del vehículo desea realizar algo diferente o tomar solamente ciertas opciones de las ofrecidas, puede hacerlo sin temor alguno a dañar el motor.
- Después de realizado el proceso práctico en el vehículo mazda, se puede evidenciar los grandes resultados que se pueden obtener con un trabajo bien hecho. Cabe recordar que este proceso todavía se puede explotar mucho más, puesto que de las modificaciones mostradas hay cosas por realizar.
- Actualmente en la ciudad de Medellín hay pocos talleres especializados que realicen este tipo de modificaciones en los vehículos, además la mano de obra es muy costosa. Esto motiva a llevar a cabo un proyecto a mediano plazo de montar un taller con estas características a precios más asequibles.

4. BIBLIOGRAFÍA

- 2carspros@. (2010). 2cars pros. Obtenido de http://www.2carpros.com/dia/test_engine_vacuum.htm
- Anderson@, T. (2010). instructables. Obtenido de <http://www.instructables.com/id/AmpHourTest/#step1>
- Autotools@. (2010). auto tools. Obtenido de http://www.autotools.com.co/analizadores_de_gases.htm
- Bernal, J. (2007). Motores a gas.
- Bosch@. (2009). Bosch Colombia. Obtenido de http://www.bosch.com.co/divisiones/bujias_super4.htm
- Buglewicz, K. (2007). Mitsubishi & diamond star performance tuning. New York: HPbooks.
- Burnbeck@, M. (2010). Automedia. Obtenido de http://www.automedia.com/Engine_Compression_Test/ccr20050801cc/1
- CETER@. (2007). Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables. Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia24/HTML/articulo07.htm>
- Chilton. (2002). Manual de reparación y mantenimiento. Centrum/Oceano.
- Crouse@, S. (febrero de 2009). http://www.chevyhiperformance.com/techarticles/95518_small_block_cylinder_head_porting/index.html.
- Cultural. (2005). Manual de la motocicleta reparación y mantenimiento. Cultural S.A.
- Explicame@. (26 de abril de 2009). Explicame. Obtenido de http://www.explicame.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=13
- Gilleri. (2005). preparación de motores de serie para competición- Stefano Gilleri. Barcelona: CEAC Técnico Automóvil.

GNV@. (2007). Un aporte concreto a la eficiencia y al medioambiente. Obtenido de <http://www.gnv.cl/gnvgas.pdf>

HSW@. (2010). <http://auto.howstuffworks.com/question172.htm>.

JDM@. (2010). Advanced jdm parts. Obtenido de <http://www.advancedjdmparts.com/product.php?productid=20540>

K&N@. (2010). <http://knfiltros.com/kits.htm>.

Kirsch@. (2004). Maxrev-Matthew Kirsch. Obtenido de <http://www.maxrev.de/complete-guide-for-drag-3-turbo-installation-t488.htm>

Lawson@. (06 de febrero de 2008). NGV global. Alex Lawson. Obtenido de <http://www.ngvglobal.com/es/technology/desempeno-obd-ii-de-tipicos-vehiculos-ligeros-convertidos-a-01699.html>

Naiko tuning@. (2010). naikon tuning. Obtenido de <http://www.naicontuning.com/mecanica/sistema-refrigeracion/circuito-refrigerante/>

NATURGAS@. (marzo de 2008). Visión de la demanda del GNV en colombia-GAZEL.

NGK@. (2010). http://www.ngksparkplugs.com/products/spark_plugs/iridiummix.asp.

Otto@. (febrero de 2009). Wikipedia. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna

Planeta Sedna. (2010). Planeta sedna. Obtenido de http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_explosion.htm

SURAGAS@. (30 de mayo de 2008). suragas S.A. gas natural vehicular. Obtenido de http://suragas.com/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=62:el-gas-natural-vehicular-en-colombia&catid=1:latest-news

TM@. (agosto de 2004). todo motores chile. Obtenido de http://www.todomotores.cl/mecanica/el_motor.htm

TMEC@. (2005). Todo mecánica- modificaciones que aumentan la potencia en un motor. Obtenido de <http://www.todomecanica.com/aumentar-potencia-motor.html>

Tuning@. (2009). Cordoba tuning. Obtenido de <http://usuarios.lycos.es/cordobatuning/admisondirecta.htm>

Tuning@. (2009). tuning pedia. Obtenido de http://www.tuningpedia.org/Unidad_de_control_electronica_ECU

TV@. (31 de enero de 2008). taller virtual- alex reyes. Obtenido de <http://www.tallervirtual.com/2008/01/31/cables-de-bujias/>

UPME@. (2002). Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de Unidad de Planeación Minero Energética: 6.5. www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/GAS/Gas%20Natural%20Vehicular/Alternativas/GNCV.pdf

Valencia@. (2000). VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA.